



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 1 065 451 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
03.01.2001 Patentblatt 2001/01

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: F24J 3/08

(21) Anmeldenummer: 00112861.0

(22) Anmeldetag: 17.06.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 29.06.1999 DE 19929697  
07.12.1999 DE 19958765

(71) Anmelder:  
Bayerisches Zentrum für Angewandte  
Energieforschung e.V. ZAE Bayern  
97054 Würzburg (DE)

(72) Erfinder:  
• Ebert, Hans-Peter, Dr.  
97377 Dettelbach (DE)

• Drach, Volker, Dr.  
97265 Hettstadt (DE)  
• Fricke, Jochen, Prof. Dr.  
97218 Gerbrunn (DE)  
• Esser, Peter, Dr.  
48167 Münster (DE)  
• Hahn, Thorsten, Dipl.-Ing.  
59320 Ennigerloh (DE)  
• Märten, Andreas, Dr.  
48231 Warendorf (DE)

(74) Vertreter: Kaewert, Klaus  
Rechtsanwalt,  
Gänsestrasse 4  
40593 Düsseldorf (DE)

(54) Graphithaltiges Verfüllmaterial für Erdreichwärmeüberträger

(57) Nach der Erfindung wird das Verfüllmaterial für Erdreichwärmeüberträger mit Graphit bzw. Blähgraphit versetzt, um den Wärmeübergang zu erhöhen.

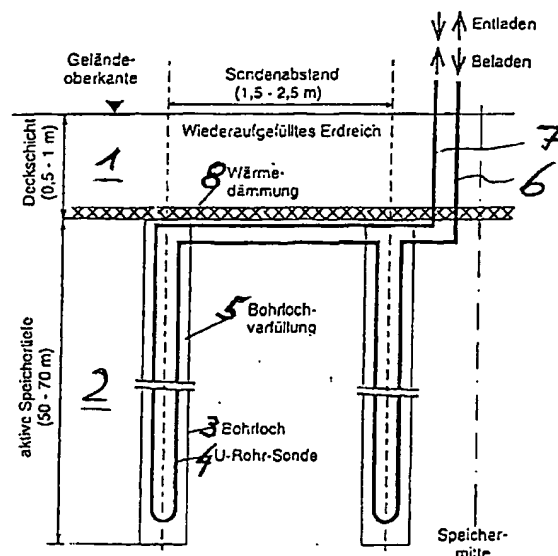


Fig. 1

EP 1 065 451 A2

## Beschreibung

**[0001]** Gegenstand der Erfindung ist ein Verfüllmaterial für Erdreichwärmeüberträger.

Erdreichwärmeüberträger sind seit langem bekannt zur Nutzung von vorhandener Erdwärme.

Dabei wird die im Erdreich natürlicherweise vorhandene Wärme mit Hilfe geeigneter Systeme abgezogen und z.B. einer Gebäudeheizung zugeführt.

In neuerer Zeit ist die Nutzung von Erdreich für die Speicherung von Wärme hinzugekommen. Solche Systeme wirken mit Wärmekollektoren zusammen.

Wärmekollektoren sammeln die Umgebungswärme, insbesondere aus der Sonneneinstrahlung. Die Wärme ist für verschiedene Zwecke nutzbar.

Allerdings ist der Wärmebedarf nicht immer deckungsgleich mit dem Wärmeangebot. In diesen Fällen bietet sich der Einbau eines Wärmespeichers an. In dem Wärmespeicher wird überschüssige Wärmeenergie für die Zeit gesammelt, in der das Wärmeangebot hinter dem Wärmebedarf zurückbleibt. Dann kann auf den Wärmespeicher zurückgegriffen werden.

**[0002]** Übliche Wärmespeicher sind Isolierbehälter. Bekannt ist aber auch die Nutzung von Erdreich als Wärmespeicher.

**[0003]** Zur Langzeitspeicherung von Wärmeenergie stellt der Erdreichwärmespeicher eine erfolgreich eingesetzte Variante der erdgekoppelten Wärmepumpen dar. Die Erdreichwärmespeicher (siehe VDI-Richtlinie VDI 4640, Blatt 1) ermöglichen die Zuführung und Abführung von Wärmeenergie im Erdreich durch Wasser oder eine andere Wärmeträgerflüssigkeit in einem geschlossenen Kreislauf. Die Wärmezuführung bzw. Wärmeabführung kann verschieden gestaltet sein, z.B. in der Form von Erdwärmesonden. Erdwärmesonden geben dem Wärmespeicher einen besonderen Namen, Erdwärmesondenspeicher.

Für den Erdwärmesondenspeicher werden in geeigneten Bodenzonen vertikale Löcher ausgebohrt, die in der Regel eine Länge von weit mehr als 10 m aufweisen und deren Durchmesser ungefähr 20 cm beträgt. In diese Bohrlöcher werden als Erdwärmesonden geeignete Wasserrohre (z.B. U-Rohre oder Koaxialrohre aus PVC) eingesetzt (allgemein können Erdreichwärmeüberträger aber auch andere Bauformen aufweisen). Mit einem speziellen Bohrlochverfüllmaterial wird der thermische Kontakt zwischen der Erdwärmesonde und dem umgebenden Erdreich gewährleistet und die Rohre mechanisch fixiert.

**[0004]** Als Verfüllmaterial werden üblicherweise Mischungen aus Wasser, Ton oder tonhaltigem Material (z.B. Bentonit), hydraulischem Bindemittel (z.B. Zement, Kalk) und Quarzsand verwendet. Die Zusammensetzung dieser Mischung bewirkt im abge bundenen Zustand im wesentlichen die mechanische und chemische Resistenz des Verfüllmaterials. Der Quarzsand dient als Füllstoff und zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit der Gesamtmischung. Die Sandkörnchen werden

nach dem Abbinden der Bindemittelmischung mehr oder weniger von dem Bindemittel eingehüllt. Durch leichte Schrumpfung des Bindemittels beim Aushärteprozeß und unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten von Bindemittel und Quarzsand ist eine vollständige Anlagerung des Bindemittels an die Oberfläche des Sandkorns nicht immer gegeben. Es treten damit thermische Kontaktwiderstände an den Grenzen zwischen Kornoberfläche und Bindemittel auf.

Umgebender Quarzsand besitzt eine Festkörperwärmeleitfähigkeit von etwa 1,5 W/(mK).

Das abge bundene Verfüllmaterial hat jedoch wegen der oben genannten Probleme bei der thermischen Ankopplung, sowie wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit der bindenden Komponenten Bentonit und Zement eine effektive Gesamtwärmeleitfähigkeit von etwa nur 1 W/(mK). Diese relativ niedrige Wärmeleitfähigkeit vermindert die Leistungsfähigkeit der Erdwärmesonde, d.h. die Fähigkeit, große Wärmeleistungen zu übertragen. Dies ist entscheidend für die Effizienz des gesamten Speichersystems.

**[0005]** Die Aufgabe der Erfindung ist es für Erdreichwärmespeicher, die Wärmeleitfähigkeit des Verfüllmaterials, insbesondere für Bohrlöcher von Erdwärmesonden merklich zu erhöhen.

Dabei sollen gleichzeitig optimale rheologische Eigenschaften gewahrt werden.

**[0006]** Als Lösung des Problems wird die Zumischung von Graphit vorgeschlagen. Andere Formen von Kohlenstoff wie Kohle und Ruß bringen keine nennenswerte Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit. Graphit besitzt in reiner Form eine Wärmeleitfähigkeit von etwa 170 W/(mK). Um die mechanischen Eigenschaften des Verfüllmaterials nicht zu verändern, kommt bevorzugt Graphitpulver bzw. Graphitgranulat zum Einsatz, deren Partikelgröße etwa 0,001 bis 1 mm beträgt. Graphitpulver in grober Fraktion ist auch billiger erhältlich als feinkörniger Graphit.

**[0007]** Um gegebenenfalls eine besonders homogene Verfüllmaterialmischung zu erreichen, insbesondere weil auf die Zumischung von Sand verzichtet wird, können Graphitpulver mit Partikelgrößen zwischen 0,001 mm und 0,5 mm verwendet werden.

**[0008]** Um eine noch bessere thermische Anbindung der Graphitpartikel an das umgebende Bindemittelmaterial zu gewährleisten, wird vorgeschlagen, als Graphit Blähgraphit zu verwenden. Blähgraphit besitzt zwar durch die offenporige schaumartige Struktur eine niedrigere Wärmeleitfähigkeit als das massive Graphitkorn, verbindet sich aber aufgrund seiner elastischen Eigenschaften und seiner Oberflächenstruktur inniger mit dem umgebenden Bindemittel.

Das Bindemittel dringt zum Teil in das Blähgraphitteilchen ein. Die elastischen Eigenschaften des Blähgraphits kompensieren das Problem der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Bindemittel und Graphitteilchen und reduzieren damit den Effekt der thermischen Kontaktwiderstände an den Korngrenzen.

[0009] Die typische Zusammensetzung des erfindungsgemäßen Verfüllmaterials ist im Ausführungsbeispiel angegeben. Dabei erreicht man eine Wärmeleitfähigkeit von mehr als 2 W/(mK), d.h. durch den Einsatz des Graphits im Verfüllmaterial wird die Wärmeleitfähigkeit verdoppelt. Die im Ausführungsbeispiel angegebene Zumischungsgrenze von Graphit ist nur als wirtschaftliche Grenze anzusehen. Auch Zumischungsanteile bis 50Gew.% und mehr sind deshalb denkbar.

Der hydraulisch abbindende Trockenmörtel soll beim Abteufen der Bohrung und Durchstoßen eines Aquifers eine Abdichtung dieses Aquifers wirken. Je nach Bedarf kann der Trockenmörtel mit Additiven, insbesondere zur Verflüssigung, Verzögerung oder Beschleunigung des Abbindevorganges oder als Stabilisierer oder als Quellmittel versetzt sein.

[0010] Ein besonders homogenes Verfüllmaterial erreicht man mit folgenden Ausgangsprodukten: hydraulisch abbindender Trockenmörtel folgender Zusammensetzung:

20 bis 60 Gew% Kalksteinmehl aus Kalkmergel,  
15 bis 35 Gew% CEM I 42,5(Portlandzement),  
2 bis 15 Gew% t Natriumbentonit.

15 bis 30 Gew% Graphit

(Die Gewichtsangaben von Kalksteinmehl, Bentonit, Graphit und Zement beziehen sich auf die Menge Trockenmörtel),

zuzüglich Wasser, in einer Zugabe von 25 bis 35 Gew% (bezogen auf das Trockenmörtelgewicht), bis eine ausreichende Fließfähigkeit gegeben ist. Die Wasserzugabe wird mitbestimmt durch das Kalksteinmehl und den jeweiligen Zement. Das gilt umso mehr, wenn auch andere Zemente wie CEM II und CEM III anstelle von CEM I zum Einsatz kommen.

Die Zemente CEM I, II oder III entsprechen der DIN 1164 in der Änderung v. Okt.94.

[0011] Das eingesetzte Natriumbentonit hat zwei Aufgaben. Erstens soll es das Bohrloch abdichten. Das ist für das Abteufen durch eine wasserführende Schicht (Aquifer) wichtig. Zweitens soll es als Stabilisator ein Absetzen von Wasser aus dem Verfüllmaterial verhindern.

Die erforderliche Menge an Natriumbentonit erhöht sich geringfügig, wenn anstelle von Kalksteinmehl aus Kalkmergel ein Kalksteinmehl aus reinerem Kalkstein eingesetzt wird.

[0012] Der Graphit kann - vereinfacht gesehen - für die genaue Festlegung der Mischungsanteile als neutral angesehen werden. Im Versuchen ist feines Graphit mit einer Korngröße kleiner 0,05 mm (EDM von Graphit Kropfmühl AG) zur Anwendung gekommen.

[0013] In der Zeichnung ist eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Erdwärmesondenspeichers wiedergegeben.

Zur Herstellung eines Erdwärmesondenspeichers ist im

Ausführungsbeispiel der Mutterboden 1 abgeschoben worden, bis das darunter liegende gewachsene Erdreich 2 frei liegt.

Anschließend sind verschiedene Erdbohrungen 3 in einem Abstand zwischen 1,5 bis 2,5 m abgeteuft worden. Der Bohrungsdurchmesser beträgt 20 cm, die Bohrtiefe 50 bis 70 m.

Alle Bohrlöcher 3 nehmen U-förmige Sonden auf. Dabei handelt es sich um U-förmig geführte Rohrleitungen 4.

Die Rohrleitungen sind in ein Leitungsnetz eingebunden und mit einem nicht dargestellten Wärmekollektor sowie mit geeigneten Heizkörpern und einem Warmwasserbehälter verbunden. Der Leitungsteil 6 bildet den Vorlauf, der Leitungsteil 7, den Rücklauf des Leitungsnetzes.

Die Rohrleitungen 4 sind in den Bohrlöchern 3 mit einem oben beschriebenen Trockenmörtel als Verfüllmaterial fixiert.

[0014] Eine Wärmedämmung 8 schützt vor einem übermäßigen Wärmeverlust nach oben.

Zur Fertigstellung des Erdwärmesondenspeichers gehört, daß der abgeschobene Mutterboden 1 wird aufgefüllt wird.

[0015] Im Betriebsfall fällt über den Wärmekollektor je nach Witterung aus der Umgebungsluft bzw. durch die Sonneneinstrahlung unterschiedlich viel Wärme an. Der für die genannten Wärmeabnehmer aktuelle Wärmebedarf wird aus der gesammelten Wärme gedeckt; Überschußwärme wird in den Erdwärmesondenspeicher gefahren und wieder abgerufen, wenn der aktuelle Wärmebedarf höher als Wärmeangebot des Wärmekollektors ist.

[0016] Soweit alle Wärmeangebote sich auf einem niedrigen Temperaturniveau befinden, kann die Temperatur mit einer Wärmepumpe nach Bedarf angehoben werden.

#### Patentansprüche

1. Verfüllmaterial für Erdreichwärmeüberträger, dadurch gekennzeichnet, daß bis 50 Gew.% der Zusammensetzung des Verfüllmaterials aus pulver- oder granulatförmigem Graphit oder Blähgraphit bestehen.

2. Verfüllmaterial nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß 5 Gew.% bis 35 Gew.% der Zusammensetzung des Verfüllmaterials aus pulver- oder granulatförmigem Graphit oder Blähgraphit bestehen.

3. Verfüllmaterial nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Graphit oder der Blähgraphit Korngrößen zwischen 0,001 mm und 1mm aufweist.

4. Verfüllmaterial nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Graphit Korngrößen zwi-

schen 0,001 und 0,5 mm aufweist.

5. Verfüllmaterial nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfüllmaterial aus hydraulisch abbindendem Trockenmörtel besteht. 5
6. Verfüllmaterial nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Trockenmörtel folgende Zusammensetzung hat: 10
- 20 bis 60 Gew.% Kalksteinmehl
  - 15 bis 35 Gew.% Zement
  - 2 bis 15 Gew.% Natriumbentonit
  - 10 bis 30 Gew.% Graphit
- 15
7. Verfüllmaterial nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch die Zugabe von 25 bis 35 Gew.% Wasser.
8. Verfüllmaterial nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch Kalksteinmehl aus Kalkmergel. 20

25

30

35

40

45

50

55

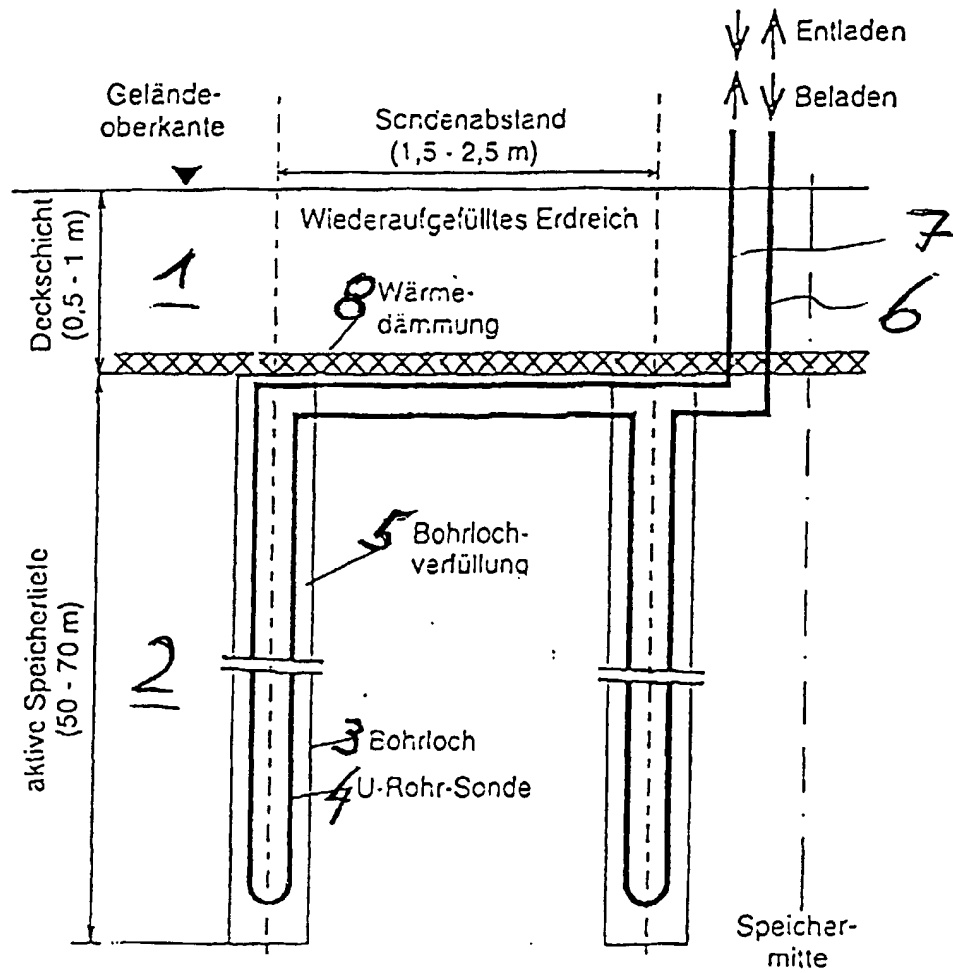


Fig. 1